Original Article
pISSN 1738-2637 / eISSN 2288-2928
J Korean Soc Radiol 2016;74(1):8-14
http://dx.doi.org/10.3348/jksr.2016.74.1.8

대한영상의학회지

Chest Radiographic Findings in Acute Paraquat Poisoning
급성 파라쿼트 중독증의 흉부 X-선 사진 소견

Gyeong Gyun Na, MD[1], Mi Sook Lee, MD[1]*, Kyung Hee Noh, MD[1], Hee Jun Kim, MD[1], In O Sun, MD[2]
[1]Department of Radiology, [2]Division of Nephrology, Department of Internal Medicine, Presbyterian Medical Center, Jeonju, Korea

Purpose: To describe the chest radiographic findings of acute paraquat poisoning.
Materials and Methods: 691 patients visited the emergency department of our hospital between January 2006 and October 2012 for paraquat poisoning. Of these 691, we identified 56 patients whose initial chest radiographs were normal but who developed radiographic abnormalities within one week. We evaluated their radiographic findings and the differences in imaging features based on mortality.
Results: The most common finding was diffuse consolidation (29/56, 52%), followed by consolidation with linear and nodular opacities (18/56, 32%), and combined consolidation and pneumomediastinum (7/56, 13%). Pleural effusion was noted in 17 patients (30%). The two survivors (4%) showed peripheral consolidations, while the 54 patients (96%) who died demonstrated bilateral (42/54, 78%) or unilateral (12/54, 22%) diffuse consolidations.
Conclusion: Rapidly progressing diffuse pulmonary consolidation was observed within one week on follow-up radiographs after paraquat ingestion in the deceased, but the survivors demonstrated peripheral consolidation.

Index terms
Paraquat
Poisoning
Radiography
Lung

Received July 7, 2015
Revised September 1, 2015
Accepted September 25, 2015
***Corresponding author:** Mi Sook Lee, MD
Department of Radiology, Presbyterian Medical Center, 365 Seowon-ro, Wansan-gu, Jeonju 54987, Korea
Tel. 82-63-230-2185 Fax. 82-63-230-8387
E-mail: ms0928l@nate.com

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

파라쿼트(paraquat, 1, 1'-dimethyl-4, 4'-bipyridylium dichloride)는 1955년 개발된 강력한 비선택성 환원제로, 상대적으로 저렴한 가격과 탁월한 제초 효과로 인하여 1958년부터 농약으로 널리 사용되어 왔다(1). 그러나 사람에 대한 독성이 매우 강하여 음독시 사망률이 매우 높고, 적절한 치료방법이 없으며, 국내에서는 주로 농촌에서 구하기 쉬워 자살 목적으로 음독하는 경우가 많아 사회적 문제가 되고 있다. 환경 문제와 더불어 이러한 이유로 유럽에서는 현재 판매가 금지되어 있고, 미국 및 일본에서는 희석하여 사용하도록 되어 있다. 우리나라 농촌진흥청은 파라쿼트를 고독성으로 분류하고, 2012년 11월부터 해당 성분이 함유된 모든 제초제의 시판을 금지시켰으나, 이미 시판된 제품과 관련된 음독 사고가 아직까지도 발생하고 있다.

파라쿼트의 중독은 폐, 심장, 신장, 간 등 다발성 장기 손상을 일으켜 사망의 원인이 될 수 있으며, 그중 폐는 시간 경과에 따라 섬유화가 빠르게 진행되는 것으로 알려져 있다(2). 파라쿼트 중독을 주소로 내원한 환자에게서 흉부 X-선 검사 및 흉부 전산화단층촬영(computed tomography; 이하 CT) 검사는 급성 폐 손상의 정도를 평가하는 데 있어 유용하며, 폐 손상의 진행 여부를 평가하기 위해 흉부 X-선 촬영으로 추적 검사를 한다(3). 1991년 Im 등(4)은 파라쿼트 중독 환자에서 흉부 X-선 검사 및 흉부 CT 검사를 시행하여, 미만성의 경화 및 종격동기종을 흔한 소견으로 기술하였다. 그러나 현재까지 급성 경과와 불량한 예후로 인해 환자의 추적 검사를 시행하기가 쉽지 않고, 생존자와 비생존자 간의 영상 소견의 차이가 있는지에 대한 연구가 많지 않다.

본 연구에서는 파라쿼트 중독으로 내원한 환자들의 X-선 사진 소견을 분석하여, 이상 소견의 빈도를 기술하고, 생존자와 비생존자 간의 영상 소견의 차이가 있는지 알아보고자 하였다.

Copyrights © 2016 The Korean Society of Radiology

대상과 방법

연구 대상

본 연구는 본원 의학연구윤리위원회(Institutional Review Board)에서 심의 결과 승인되었다.

2006년 1월부터 2012년 10월까지 총 6년 10개월간 파라쿼트 중독으로 본원 응급실에 내원했던 691명의 환자 중 내원시 시행한 흉부 X-선 사진에서 정상 소견을 보였으나, 1주 이내의 추적 검사에서 이상 소견을 보였던 56명의 환자를 대상으로 한 후향적 연구이다. 나머지 배제된 635명은 내원 당시의 영상이 없거나, 급성 다발성 부전으로 추적 검사를 하지 못하고 사망하거나, 타 병원 전원으로 추적 검사가 불가능하였거나, 또는 추적 검사에도 정상 소견을 보였다.

56명 중 남성이 42명, 여성이 14명이었다. 연령은 16세에서 83세까지 분포하였고, 평균 연령은 52세였다. 사용한 파라쿼트의 양은 10 mL에서 500 mL의 범위로, 음독량이 불분명한 3명을 제외한 환자들의 평균 음독량은 115 mL였다.

영상분석

흉부 X-선 소견은 25년 경력의 흉부 영상의학과 전문의 1인이 분석하였다. 내원 당시 정상 소견을 보였던 사진을 기본으로 음독 1주일 이내 추적 관찰 영상 중 가장 넓은 범위의 폐병변을 새로 보이는 사진을 대상으로 하였다. 폐병변으로는 기강 경화의 유무를 판정하고, 선상, 결절성, 또는 그물 음영이 동반되었는지를 분석하였다. 기강음영 증가의 양측성 및 일측성 여부를 분석하였다. 한쪽 폐의 2차원적인 면적을 기준으로 1/3 미만(~33%)을 침범한 경우 1점, 1/3(33%)~2/3(67%)를 침범한 경우 2점, 2/3 이상(67~100%)을 침범한 경우 3점으로 하여, 양 폐의 침범 부위를 1~6점까지 점수화하였고 1~2점을 1등급(grade 1), 3~4점을 2등급(grade 2), 5~6점을 3등급(grade 3)으로 구분하였다. 또한 흉막삼출 및 기종격동 소견 등을 분석하였다. 미만성, 중심부, 주변부 등의 축성 분포에 대한 기술은 흉부 X-선 사진으로 3차원 공간인 병변의 위치를 정확히 파악하는 데 제한이 있어 분석에서 제외하였다. 생존한 두 명의 환자는 음독 3일~1년 후 촬영한 영상을 분석하여 변화 양상을 이전 영상과 비교하였다.

촬영에 이용된 기기는 Revolution XR/d DR (GE Medical Systems, Milwaukee, WI, USA)이고, 중환자실에서 사용한 이동식(portable) 흉부 X-선 촬영 장비는 Mobile Art Evolution (Shimadzu, Kyoto, Japan)이었다.

통계분석

통계분석은 SPSS (version 20.0 for windows, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였다.

생존군과 사망군 간 자료 비교에 일변량분석(univariable analysis)과 다변량분석(multivariable analysis)을 사용하였고, 음독량이 종격동기종 여부에 미치는 영향을 알아보기 위해 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. p-value 0.05 미만을 통계적으로 유의하다고 정하였다.

결과

전체 환자 56명의 비정상 흉부 X-선 소견 분포는 Table 1에 요약하였다.

미만성 경화의 형태를 보였던 환자가 29명(Fig. 1), 미만성 경화와 동반하여 선상, 결절성 또는 그물 음영을 보인 환자가 18명(Fig. 2)이었고, 2명의 환자에서는 흉막 근처와 주변부 경화를 보였다(Figs. 3, 4). 미만성 경화를 동반한 종격동기종의 형태가 7명이었고, 이들 환자 중에서 2명은 기흉이 동반되었다(Fig. 5). 종격동기종을 나타낸 7명의 환자에게서 음독한 파라쿼트의 양은 평균 170 mL로, 음독량이 밝혀지지 않은 3명을 제외한 나머지 46명의 평균 용량 106 mL보다 많았으나, 종격동기종을 보인 군과 종격동기종을 보이지 않은 군에서 음독량에 대해 추정된 모형은 유의하지 않았다(p = 0.141). 흉막삼출은 17명에서 관

Table 1. Summary of Chest Radiographic Findings of Paraquat Poisoning

	No. of Patients (n = 56) (%)
Abnormal findings of X-ray	
Diffuse consolidation	29 (51.7)
Peripheral consolidation	2 (3.5)
Consolidation + linear, nodular, reticular opacity	18 (32.1)
Consolidation + pneumomediatinum	7 (12.5)
Extent of involvement*	
Grade 1 (1-2)	12 (21.4)
Grade 2 (3-4)	25 (44.6)
Grade 3 (5-6)	19 (33.9)
Distribution	
Bilateral lung involvement	44 (78.6)
Unilateral lung involvement	12 (21.4)
Pleural effusion	17 (30.4)
Pneumothorax	2 (3.6)

*The scoring of extent of involvement is based on two dimentional area of the one lung where involving one-third (-33%) = 1 point, one-third to two-third (33-67%) = 2 points, two-third or higher (67-100%) = 3 points. 1 or 2 points = grade 1, 3 or 4 points = grade 2, 5 or 6 points = grade 3

찰되었다. 주변부 경화를 보인 2명(4%)의 환자가 생존하였고, 이를 제외한 54명(96%)은 모두 사망하였다.

양 폐를 모두 침범한 형태가 47명, 한쪽 폐를 침범한 형태가 9명이었고, 우폐를 침범한 경우는 7명이고, 좌폐를 침범한 경우는 2명이었다. 양 폐를 침범한 환자군에서 양 폐 하부를 침범한 경우는 9명이었고, 양 폐 상부를 침범한 경우는 1명이었으며, 2명에서 흉막 근처와 주변부 경화를 보였고, 35명에서는 미만성 병변을 보였다. 주변부 경화를 보인 환자 2명은 양측 하부에서 병변이 시작되어 10일과 3주 후부터 음영 감소를 보이고 생존하였다(Figs. 3, 4). 이들 중 1명에게서 흉부 CT를 얻을 수 있었는데, 양측 흉막하에서 경화와 잿빛유리음영, 불규칙하게 팽창되어 있는 기관지 구조물이 관찰되었다(Fig. 4C).

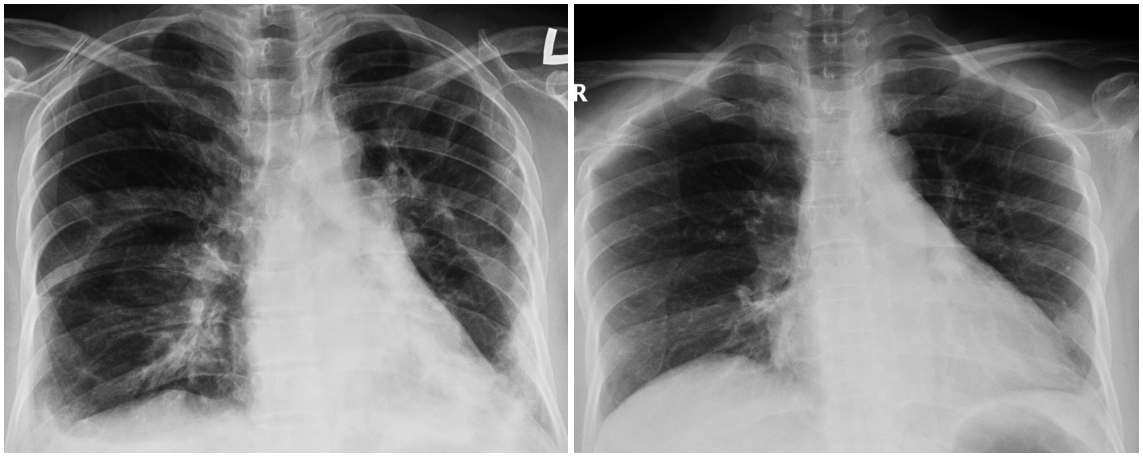
이상 X-선 소견이 생존군과 사망군 간 통계학적으로 유의한 차이가 있는지에 대한 분석을 실시하였고, 모든 X-선 이상 소견에 대하여 유의한 차이는 없었다(Table 2).

고찰

파라쿼트 중독 환자 중 내원 당시 정상 소견을 보였으나 일주일 이내로 병변을 보였던 56명의 환자의 흉부 X-선 사진의 이상

Fig. 1. A 33-year-old female who ingested 50 mL of paraquat. Chest radiograph obtained 4 days after ingestion reveals rapidly progressing diffuse consolidation in both lungs.

Fig. 2. A 55-year-old male who ingested 30 mL of paraquat. Chest radiograph performed 5 days after ingestion shows diffuse consolidation in both lungs with reticular density in the right lower lung.



A B

Fig. 3. A 45-year-old female who survived after ingesting 15 mL of paraquat.
A. 6-day follow-up radiograph reveals peripheral consolidation in both lower lungs.
B. 6-month follow-up radiograph demonstrates resolution of previous peripheral consolidation in both lower lungs, with minimal residual fibrosis.

소견을 분석한 이 연구에서, 미만성 경화가 가장 흔한 소견이었으며, 경화를 동반한 선상 및 결절성 음영과 경화를 동반한 종격동기종이 그 다음으로 흔한 이상 소견이었다. 이러한 연구 결과는 42명의 파라쿼트 중독 환자를 대상으로 흉부 X-선 사진과 CT에서 관찰되는 영상의학적 소견에 대한 이전 연구 결과(4)와 유사하며, Im 등(4)은 이 연구에서 42명 중 29명에게서 미만성 경화의 형태를 보였으며 그중 26명에게서 1주 이내에서 관찰되는 급성 변화를 보였다고 기술하였다. 또한 종격동기종의 형태가 17명에게서 나타났는데, 15명에게서 1주 이내에 관찰되어 이번 연구에서 보이는 비정상 소견과 공통적으로 보이는 소견이다. 그러나 Im 등(4)의 연구에서 국소 간질성 음영을 보인 6명의 환자들은 1주 이내에 변화를 보인 사례가 없고 모두 4주 이후에 발생하였다는 것이 이번 연구와의 차이이다.

생존자가 2명이고, 사망자는 54명이어서 두 군을 비교하는 것이 어려울 것으로 생각이 되었고, 비교 결과 모든 영상 소견에서 통계학적으로 유의하지 않았다. 그러나 이 연구에서 발견된

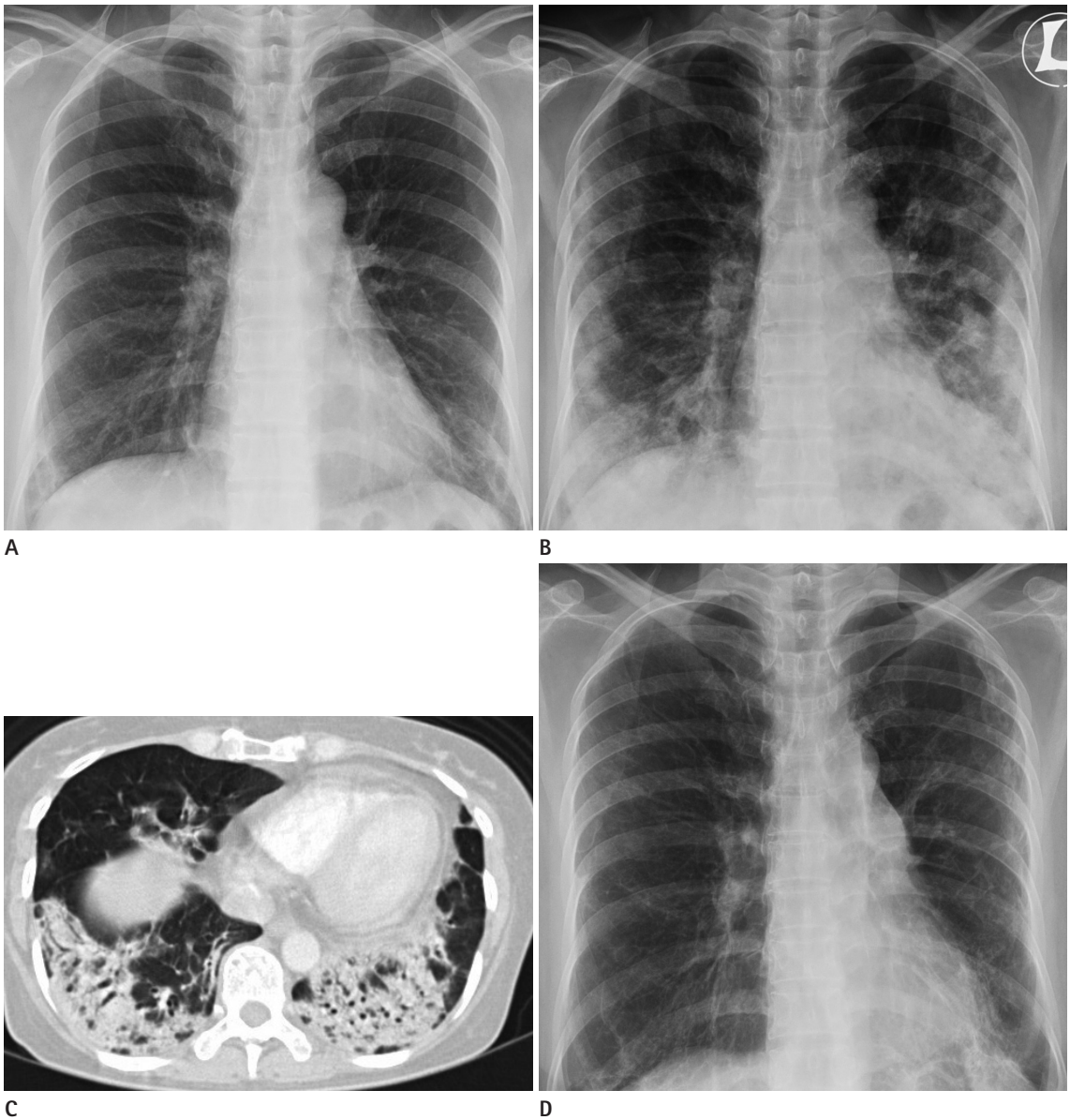


Fig. 4. A 47-year-old female who survived after ingesting 30 mL of paraquat.
A. 3-day follow-up radiograph shows subtle opacities in both basal lungs.
B. 8-day follow-up image demonstrates aggravated multifocal consolidations in both lungs, especially the perepheral portions.
C. Chest CT scan obtained 7 weeks after ingestion shows consolidation and dilatation of bronchial structures from fibrotic change.
D. One year follow-up image shows residual fibrosis in both lungs.

흥미로운 사실은 두 명의 생존자는 병변이 주변부 분포를 보이는 경화성 병변으로 관찰이 되었다가 일부 반흔을 남기고 천천히 회복되었으나, 나머지 대부분의 비 생존자는 급하게 발전하는 미만성의 경화가 중심부까지 분포를 보이는 차이가 있었다는 점이다. 이러한 파라쿼트 음용 후 생존자와 비생존자 간의 흉부 X-선 사진 이상 소견의 범위 및 형태의 차이는 이전에 보고된 바 없으며, 이 연구 결과는 향후 파라쿼트 중독자들의 예후를 예측하는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 예상된다.

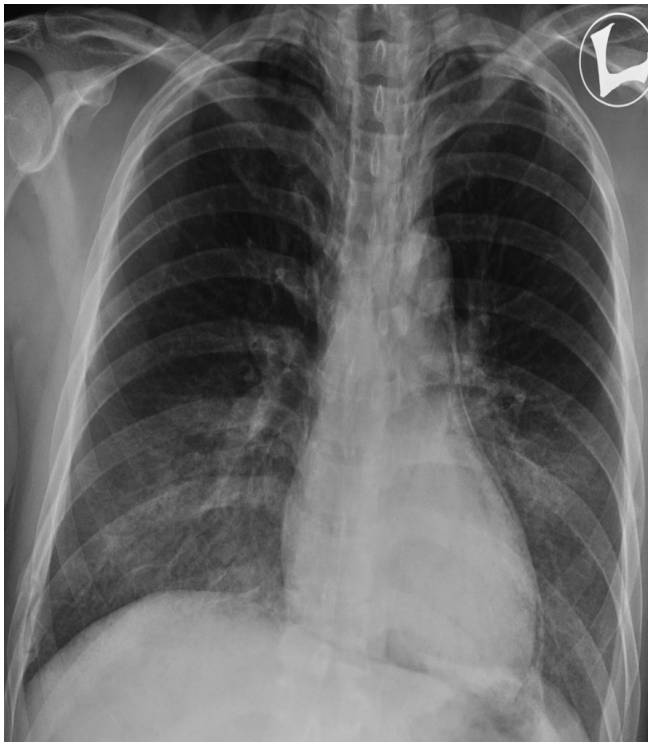


Fig. 5. A 33-year-old female who ingested 350 mL of paraquat. Chest radiograph obtained 3 days after ingestion shows diffuse consolidation in bilateral middle and lower lungs with pneumomediastinum.

파라쿼트 중독으로 인한 폐 손상의 병리학적 변화는 폐포벽의 부종과 출혈, 그리고 염증 세포의 침윤으로, 일부에서 폐포공간의 부종 또는 다량의 피브린(fibrin)을 동반하며, 시간 경과에 따라 폐 섬유화로 진행하게 된다(5, 6). 파라쿼트는 화학적으로 다이아쿼트(diaquat)와 함께 비피리딜계(bipyridil) 화합물로 분류가 되는데, 인체에 흡수가 되면 효소매개 산화환원고리(redox cycling)에 관여하여 고에너지 전자를 산소에 전달하여 반응성이 높은 과산화 라디칼(superoxide radical)을 형성하게 되고 이것이 직접적인 세포 손상을 야기한다. 또한 산화환원고리로 인해 항산화 메커니즘에 관여하는 nicotinamide adenine dinucleotide phosphate가 고갈되어 지질 과산화, 미토콘드리아 기능장애, 괴사와 자멸사 등의 세포 손상을 일으키게 된다(7). 폐, 심장, 신장 및 간에서 큰 영향을 미치는 이유는 혈류와 산소가 많고 많은 에너지를 필요로 하는 장기들이기 때문이다(1). Rose 등(8)의 연구에 따르면 폐에서 측정되는 파라쿼트 축적 농도는 지속적으로 높게 보이는 반면, 다른 장기에서의 농도는 시간에 따른 감소를 보여 그 차이가 수십 배에 달한다고 한다. 파라쿼트 중독의 임상적 특징은 용량에 따라 세 가지로 나누어 볼 수 있는데, 20 mg 이하의 경우 작은 소화기계 증상을 일으키고 대부분 회복이 된다. 20~40 mg의 경우 급성 신부전과 급성 폐 손상, 그리고 진행성 폐 섬유화를 일으켜 호흡부전으로 인한 사망이 2~4주 내에 발생하게 되고, 40 mg 이상에서는 수 시간 또는 수일 내에 다발성 장기부전이 발생하여 사망에 이르게 된다(9).

Lee 등(10)의 이전 연구에 따르면 파라쿼트 중독의 CT 소견에 대하여 잿빛유리음영으로 시작되어 시간에 따라 폐 경화와 기관지 확장증 또는 불규칙한 선상 음영을 보인다고 보고하였다. Kim 등(11)은 생존 환자의 고해상 CT (high-resolution CT) 추적에 대한 연구에서 폐 손상의 주요 소견은 1~2개월에 견인성 기관지 확장증과 작은 낭성 병변을 동반하는 불규칙 경계를

Table 2. Frequency and Distribution of Abnormality on Chest Radiographs in 56 Patients with Paraquat Poisoning

	Survivor	Non-Survivor	*p*-Value
Number of patients	2	54	-
Male:female	0:2	42:12	0.059
Age (years)	46	53	0.799
Paraquat amount (mL)	22.5	117.5	0.416
Extent of involvement*			> 0.999
Grade 1 (1-2)	2	10	
Grade 2 (3-4)	0	25	
Grade 3 (5-6)	0	19	
Pleural effusion	2	15	0.088
Pneumomediastinum	0	7	> 0.999
Pneumothorax	0	2	> 0.999

*The scoring of extent of involvement is based on two dimentional area of the one lung where involving one-third (-33%) = 1 point, one-third to two-third (33-67%) = 2 points, two-third or higher (67-100%) = 3 points. 1 or 2 points = grade 1, 3 or 4 points = grade 2, 5 or 6 points = grade 3

갖는 경화로 보이고, 환자에서 3~12개월부터 병변의 방사선 음영이 감소하는 소견을 보였다고 한다. 이번 연구 생존 환자의 7주 후 추적 흉부 CT 소견(Fig. 4C)에서 흉막하에서 주로 관찰되는 양 폐야의 경화와 잿빛유리음영, 불규칙하게 팽창되어 있는 기관지 구조물이 관찰되는 것과, 생존 환자의 X-선 추적에서 병변이 일부 반흔을 남기고 음영 감소를 보인다는 것이 앞에서 언급한 과거 연구들과 비교하여 비교적 공통적으로 관찰되는 것을 알 수 있다.

본 연구의 제한점은 파라쿼트의 급성 경과와 불량한 예후로 인해 일반적으로 CT 등 추가적인 검사와 추적 관찰이 어렵고, 따라서 환자군 중 CT가 있는 1명을 제외한 나머지 환자들에게서는 흉부 X-선 이외의 영상의학적 검사가 없어 이와의 상관 관계를 통한 연구가 이루어지지 못했다는 것이다.

결론적으로 파라쿼트 중독 환자의 흉부 X-선 소견은 미만성 경화가 가장 흔한 이상 소견이었다. 추적 관찰한 흉부 X-선 사진에서 사망자는 1주 이내에 급격하게 미만성으로 진행하는 소견을 보였으며, 생존자는 주변부 경화의 형태를 보였다.

REFERENCES

1. Davies DS, Hawksworth GM, Bennett PN. Paraquat poisoning. *Proc Eur Soc Toxicol* 1977;18:21-26
2. Gawarammana IB, Buckley NA. Medical management of paraquat ingestion. *Br J Clin Pharmacol* 2011;72:745-757
3. Lee KH, Gil HW, Kim YT, Yang JO, Lee EY, Hong SY. Marked recovery from paraquat-induced lung injury during long-term follow-up. *Korean J Intern Med* 2009;24:95-100
4. Im JG, Lee KS, Han MC, Kim SJ, Kim IO. Paraquat poisoning: findings on chest radiography and CT in 42 patients. *AJR Am J Roentgenol* 1991;157:697-701
5. Bullivant CM. Accidental poisoning by paraquat: report of two cases in man. *Br Med J* 1966;1:1272-1273
6. Matthew H, Logan A, Woodruff MF, Heard B. Paraquat poisoning--lung transplantation. *Br Med J* 1968;3:759-763
7. Suntres ZE. Role of antioxidants in paraquat toxicity. *Toxicology* 2002;180:65-77
8. Rose MS, Lock EA, Smith LL, Wyatt I. Paraquat accumulation: tissue and species specificity. *Biochem Pharmacol* 1976;25:419-423
9. Sabzghabaee AM, Eizadi-Mood N, Montazeri K, Yaraghi A, Golabi M. Fatality in paraquat poisoning. *Singapore Med J* 2010;51:496-500
10. Lee SH, Lee KS, Ahn JM, Kim SH, Hong SY. Paraquat poisoning of the lung: thin-section CT findings. *Radiology* 1995;195:271-274
11. Kim YT, Kim HC, Bae WK, Kim IY, Im HH. Paraquat induced lung injury: long-term follow-up of HRCT. *J Korean Radiol Soc* 2004;50:179-183

급성 파라쿼트 중독증의 흉부 X-선 사진 소견

나경균[1] · 이미숙[1]* · 노경희[1] · 김희준[1] · 선인오[2]

목적: 급성 파라쿼트 중독증 환자에서 흉부 X-선 사진 소견을 기술하고자 한다.
대상과 방법: 2006년 1월에서 2012년 10월까지 파라쿼트 중독증으로 본원 응급실로 내원한 691명 중 흉부 X-선 사진에서 내원 당시에 정상 소견을 보였다가 1주 이내의 추적 검사에서 이상 소견을 보인 56명을 대상으로 흉부 X-선 사진 소견을 분석하였다. 흉부 X-선 사진의 이상 소견의 빈도 및 생존자와 사망자 간의 영상 소견의 차이가 있는지를 평가하였다.
결과: 미만성 경화의 형태가 가장 흔한 이상 소견이었으며(29/56, 52%), 미만성 경화와 동반하여 선음영, 결절성 음영을 보이는 경우(18/56, 32%)와 미만성 경화와 종격동기종의 동반 형태를 보이는 경우(7/56, 13%)가 그 다음으로 흔하였다. 흉막삼출은 17명(30%)에서 관찰되었다. 총 56명의 환자 중 생존자 2명(4%)은 흉부 X-선 사진에서 주변부 경화를 보였으나, 사망자 54명(96%)은 양측성(42/54, 78%) 또는 일측성(12/54, 22%) 미만성 경화를 보였다.
결론: 파라쿼트 음독 후 추적 관찰한 흉부 X-선 사진에서 사망자는 1주 이내에 급격하게 미만성으로 진행하는 이상 소견을 보였으며, 생존자는 주변부 경화의 형태를 보였다.

전주예수병원 [1]영상의학과, [2]신장내과